

## Method for operating an injection valve of an internal combustion engine

**Publication number:** DE10305178

**Publication date:** 2004-08-19

**Inventor:** JOOS KLAUS (DE); PANTRING JUERGEN (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**

- **International:** *F02D41/20; F02D41/22; F02M61/16; F02B1/02; F02M63/00; F02D41/20; F02D41/22; F02M61/00; F02B1/00; F02M63/00; (IPC1-7): F02D41/30; F02D41/22; F02D41/38*

- **European:** F02D41/20; F02D41/22B; F02M61/16B

**Application number:** DE20031005178 20030208

**Priority number(s):** DE20031005178 20030208

**Also published as:**

 WO2004070195 (A1)

 EP1595073 (A1)

 US2006116810 (A1)

 EP1595073 (A0)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10305178

Abstract of corresponding document: **US2006116810**

The present invention relates to a method for operating an injection valve of an internal combustion engine, whereby the metering of fuel is adjustable in particular by varying the stroke of the nozzle needle of the injection valve. Methods and injections valves of this type are generally known from the related art. The aim of the present invention is to provide a method which makes it possible to prevent an incomplete closure of the valve due to soiling (the risk of damage caused by a gasoline-filled cylinder) in operating states of the internal combustion engine in which no complete strokes of the nozzle needle occur over a prolonged period of time and the nozzle is therefore not sufficiently scavenged. According to the present invention, the nozzle is scavenged with fuel when a jammed-open operating state of the nozzle needle is detected.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt



(10) DE 103 05 178 A1 2004.08.19

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 05 178.3

(51) Int Cl. 7: F02D 41/30

(22) Anmeldetag: 08.02.2003

F02D 41/22, F02D 41/38

(43) Offenlegungstag: 19.08.2004

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Joos, Klaus, 74399 Walheim, DE; Pantring, Juergen, 71701 Schwieberdingen, DE

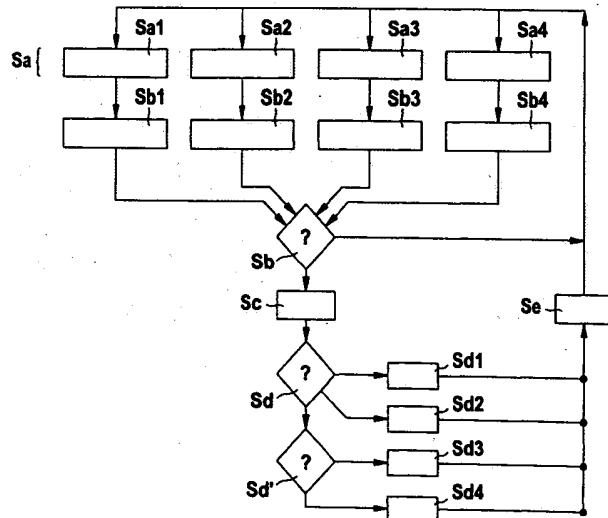
(74) Vertreter:

Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188 Stuttgart

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils einstellbar ist. Derartige Verfahren und Einspritzventile sind im Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Zur Vermeidung der Gefahr eines unvollständigen Schließens aufgrund von Verschmutzung (Gefahr eines Benzinenschlags) bei Betriebszuständen der Brennkraftmaschine, bei denen über längere Zeit kein Vollhub der Düsennadel und damit auch keine ausreichende Spülung der Düse durchgeführt wird, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine Spülung der Düse mit Kraftstoff dann durchzuführen, wenn ein offen klemmender Betriebszustand der Düsennadel erkannt wurde.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine Variation des Hubs der Düsenneedle des Einspritzventils einstellbar ist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens sowie eine Brennkraftmaschine mit einem derartigen Steuergerät.

**Stand der Technik**

[0002] Im Stand der Technik sind Hochdruckeinspritzventile für eine Kraftstoffdirekteinspritzung bei Brennkraftmaschinen grundsätzlich bekannt. Es sind insbesondere auch solche Hochdruckeinspritzventile 300 wie in Fig. 3 gezeigt bekannt, bei denen die Dosierung der in die Brennkammern der Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge nicht nur über die Öffnungsduer des Ventils, sondern insbesondere auch durch eine Variation des Hubs der Düsenneedle 330 möglich ist. Bei diesen Ventilen wird die Düsenneedle 330 zum Beispiel direkt mit Hilfe eines Piezo-Aktuators 320 angesteuert. Derartige Ventile eignen sich insbesondere zum Absetzen sehr kurzer Einspritzimpulse und zum Absetzen von mehreren Einspritzimpulsen während eines Arbeitszyklusses, sogenannte Mehrfacheinspritzung, innerhalb eines sehr kurzen Zeitfensters. Ein Beispiel für eine bei einem derartigen Ventil verwendete Düse ist die nach außen öffnende Düse, die sogenannte A-Düse.

[0003] Im Stand der Technik ist der Nadelhub bei den beschriebenen Einspritzventilen, die eine Variation des Düsenneedlehubs gestatten, sowohl zu großen wie auch zu kleinen Werten hin für den Ventilhub durch diverse Einschränkungen begrenzt: So wird der Nadelhub zu großen Werten hin begrenzt durch

- die Möglichkeiten zur Realisierung einer geforderten kleinen Menge, weil die Düsenfläche und der Kraftstoffsystemdruck durch das verwendete Brennverfahren vorgegeben beziehungsweise nur begrenzt variabel sind;
- die Größe der einsetzbaren Piezoaktoren 320 und deren physikalische Eigenschaften wie zum Beispiel deren Hubvermögen, die von ihnen aufzubringenden Kräfte und ihr Beschleunigungsvermögen, et cetera; und durch
- die Leistungsfähigkeit der Steuergeräteendstufe (Verlustleistung, Bauraum).

[0004] Demgegenüber wird der Nadelhub für einen Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, das heißt der Nennneedlehub zu kleinen Hubwerten hin, das heißt in Form eines Mindestneedlehubs, begrenzt durch

- die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung.

[0005] Durch diesen Mindestneedlehub soll sicher-

gestellt werden, dass es bei einem Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, bei dem das Einspritzventil überwiegend mit dem Nennhub betrieben wird, nicht zu einem unvollständig schließenden beziehungsweise offen klemmenden Ventil durch Partikel in dem Querschnitt der Einspritzdüse kommt.

[0006] Die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung ist deswegen besonders wichtig, um die Gefahr eines Benzinschlags zu vermeiden. Ein Benzinschlag entsteht dann, wenn der Querschnitt des Einspritzventils durch Schmutzpartikel blockiert ist, so dass das Einspritzventil nicht mehr vollständig geschlossen werden kann. Es kommt dann zu einer kontinuierlichen Förderung von Kraftstoff in den Zylinder, dessen Einspritzventil eingeklemmt ist. Da Kraftstoff als inkompressibles Medium angesehen werden kann, kommt es zu einer Behinderung oder Blockierung der Kolbenbewegung, wenn die eingespritzte Kraftstoffmenge das Kompressionsvolumen des Zylinders übersteigt. Wenn gleichzeitig jedoch andere Zylinder der Brennkraftmaschine ordnungsgemäß arbeiten, werden von diesen über die Kurbelwelle sehr große Kräfte auf das Pleuel und den Kolben des blockierten Zylinders ausgeübt, was in der Regel zu irreparablen Motorschäden in Form insbesondere eines Bruchs des Pleuels und einer Beschädigung des Zylinders führt.

[0007] Wie oben ausgeführt, wird durch die Vorgabe des Mindestneedlehubs im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine eine Verschmutzung der Düse durch Schmutzpartikel vermieden.

[0008] Diese Vorgabe des Mindestneedlehubs gilt jedoch nur für den Nennbetrieb der Brennkraftmaschine. Sie schließt nicht aus, dass zwischen einzelnen Einspritzimpulsen bzw. Hüben der Düsenneedle das Einspritzventil auch zeitweise vollständig geschlossen sein muss. Dies gilt insbesondere für Betriebszustände mit geringem Kraftstoffbedarf, wie zum Beispiel im Leerlauf, wenn über längere Zeitintervalle hinweg die Düsenneedle nicht mit Vollhüben wie im Nennbetrieb, sondern lediglich mit Teilhüben angesteuert wird. Bei diesen Betriebszuständen der Brennkraftmaschine ist dann eine ausreichende Spülwirkung aufgrund der nur Teilhubsteuerung nicht mehr gewährleistet, was die Gefahr einer Verschmutzung der Einspritzdüse stark erhöht und deren Erkennung erschwert.

[0009] Insbesondere im Leerlaufbetrieb kann auch ein großer zeitlicher Abstand zwischen zwei Einspritzzyklen eines Zylinders liegen. Dies hat zur Folge, dass für die Diagnose des unerwünschten offen klemmenden Betriebszustandes der Düsenneedle nur relativ wenige Einspritzereignisse zur Verfügung stehen, was die Diagnose dieses Betriebszustandes insgesamt unsicherer macht.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, bekannte Verfahren zum Betrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bekannte Computerprogramme und Steuergeräte zur Durchführung dieses Verfahrens sowie

bekannte Brennkraftmaschinen mit einem derartigen Steuergerät derart weiterzubilden, dass eine Verschmutzung der Düse des Einspritzventils durch Partikel und eine damit verbundene Gefahr eines Benzinschlags insbesondere auch in Betriebszuständen mit geringem Kraftstoffverbrauch leichter erkannt und vermieden wird.

[0011] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs gelöst. Demnach besteht die Lösung insbesondere darin, dass ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bei dem die Dosierung der Kraftstoffmenge neben der Variation der Einspritzzeit auch durch eine Variation des Hubs der Düsenneedle des Einspritzventils einstellbar ist, die folgenden Schritte umfasst:

- a) Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise;
- b) Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes der Düsenneedle des Einspritzventils, insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils durch die Düsenneedle zwar nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist; und
- c) Spülen der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubs der Düsenneedle zum Beseitigen der Verschmutzung.

#### Vorteile der Erfindung

[0012] Vorteilhafterweise werden durch die bei einer derartigen Spülung wirkende große Kraftstoffmenge und den dann wirkenden großen Druck Schmutzpartikel im Querschnitt des Einspritzventils weggespült. Die Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und kann wieder vollständig geschlossen werden. Der Gefahr eines Benzinschlags wird damit entgegengewirkt. Durch die Spülung der Düse wird außerdem das ursprüngliche Strahlbild der Düse wieder hergestellt, wenn es zuvor durch die Schmutzpartikel beeinträchtigt war. Die Wiederherstellung des Strahlbildes führt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Brennkraftmaschine.

[0013] Beispielhafte Ausführungen für das Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise und das Erkennen des offen klemmenden Betriebszustandes der Düsenneedle sind Gegenstand der Unteransprüche 2 – 4.

[0014] Wichtig ist, dass die in diesen Ansprüchen vorgeschlagenen Ausführungsformen auch gleichzeitig durchgeführt werden können. Für das Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes ist es dann ausreichend, wenn eine der in den Ansprüchen 2 – 4 für das Erkennen genannten Bedingungen erfüllt ist.

[0015] Es ist vorteilhaft, dass die bei Vollhub im Rahmen einer Spülung geförderte erhöhte Kraftstoffmenge durch eine Verringerung der Ansteuerdauer  $t_i$  kompensiert werden kann.

[0016] Wenn das Ventil in einer offenen Stellung klemmt, fließt kontinuierlich Kraftstoff in die Brenn-

kammern der Brennkraftmaschine. Dies hat ein unerwünschtes großes Motordrehmoment zur Folge. Vorteilhafte Abhilfen für das Auftreten dieses unerwünschten Mehrmomentes sind Gegenstand der Unteransprüche 6 – 8.

[0017] Für den Abbau von Kraftstoffmehrmengen und um Fehlauslösungen einer Spülung gemäß Schritt c) zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die Durchführung des Schrittes c) für eine vorbestimmte Zeitdauer gesperrt ist, bevor er wieder erneut freigegeben wird.

[0018] Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens sowie durch eine Brennkraftmaschine mit einem derartigen Steuergerät gelöst. Die Vorteile für diese Lösungen entsprechen den oben mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschriebenen Vorteilen.

#### Zeichnungen

[0019] Die Erfindung wird nachfolgend in Form von verschiedenen Ausführungsbeispielen detailliert und unter Bezugnahme auf die der Beschreibung beigefügten drei Figuren näher beschrieben, wobei

[0020] Fig. 1 das Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine gemäß der Erfindung;

[0021] Fig. 2 eine Brennkraftmaschine mit zugeordneter Ventileinspritzung gemäß der Erfindung; und

[0022] Fig. 3 ein Einspritzventil mit Variation des Hubs der Düsenneedle gemäß dem Stand der Technik zeigt.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung

[0023] Das Verfahren gemäß der Erfindung dient dazu, insbesondere während Betriebszuständen mit nur geringem Kraftstoffbedarf, wie zum Beispiel dem Leerlauf, eine Verschmutzung der Düse 310 des Einspritzventils 300 zu vermeiden.

[0024] Für diesen Zweck sieht das Verfahren gemäß einem Schritt Sa) eine Überwachung der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise hin vor. Diese Überwachung kann erfindungsgemäß auf vierlei Weise erfolgen.

[0025] Zum einen kann diese Überwachung darin bestehen, dass das Luft-Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine auf eine Anfettung hin überwacht wird, siehe Verfahrensschritt Sa1. Eine Anfettung des Kraftstoffgemisches wird typischerweise durch eine Reduktion des Lambda-Wertes bei dem betreffenden Zylinder festgestellt.

[0026] Eine zweite Möglichkeit der Überwachung der Brennkraftmaschine besteht darin, sie oder einzelne ihrer Zylinder auf Aussetzer hin zu überwachen, wie dies in Verfahrensschritt Sa2 vorgeschlagen wird. Dabei wird unter Aussetzer das Aussetzen einer Verbrennung während eines Zündzyklusses

verstanden.

[0027] Drittens kann die Überwachung der ordnungsgemäßen Funktionsweise der Brennkraftmaschine auch durch eine Überwachung des Druckes in einem der Brennkraftmaschine zugeordneten Kraftstoffspeicher 110 erfolgen. Wenn dieser Druck abfällt, ist ein ordnungsgemäßer Betrieb der Brennkraftmaschine gefährdet (Sa3).

[0028] Schließlich besteht eine vierte Überwachungsmöglichkeit darin, einzelne Zylinder der Brennkraftmaschine auf Drehmomenterhöhungen oder auf Drehmomentungleichförmigkeiten hin zu beobachten (Verfahrensschritt Sa4).

[0029] Alle vier genannten Überwachungsmöglichkeiten gemäß der Verfahrensschritte Sa1, Sa2, Sa3 und Sa4 können entweder nur alleine oder aber in beliebiger Kombination durchgeführt werden. In Anspielung auf die möglichen Kombinationen weisen einige Ansprüche die Formulierungen: "- gegebenenfalls zusätzlich -" und "- gegebenenfalls auch -" auf.

[0030] Die Überwachung der Brennkraftmaschine macht im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens nur dann Sinn, wenn die bei der Überwachung gewonnenen Erkenntnisse auch im Hinblick auf einen unerwünschten und zu erkennenden offen klemmenden Betriebszustand der Düsenadel 330 des Einspritzventils 300 ausgewertet werden. Diese Auswertung richtet sich, wie in Fig. 1 dargestellt, nach der zuvor in Schritt Sa) durchgeführten Überwachung der Brennkraftmaschine. So wird gemäß einem Verfahrensschritt Sb1 für den Fall, dass das Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa1 auf eine Anfettung hin untersucht wurde, ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel dann festgestellt, wenn die Anfettung des Kraftstoffgemisches größer als ein vorgebarer Anfettungsschwellenwert ist oder wenn der Gradient der Anfettung größer als ein vorgebarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist. Gleiches gilt bei Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa2 auf Aussetzer hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel gemäß Verfahrensschritt Sb2 dann erkannt, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert übersteigt. Bei Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa3 wird auf einen Druckabfall im Kraftstoffspeicher 110 hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel 330 gemäß Verfahrensschritt Sb3 dann erkannt, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher 110 unter einen vorgebbaren Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher 110 um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Solldruckverlauf abweicht. Schließlich lassen, bei einer Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa4, bei Schichtbetrieb festgestellte Drehmomenterhöhungen oder -ungleichförmigkeiten auf ein nicht vollständig schließendes Ventil, das heißt auf einen

offen klemmenden Betriebszustand der Düsenadel 330 schließen, wenn die festgestellten Drehmomenterhöhungen oder -ungleichförmigkeiten einen vorgegebenen Schwellenwert überschreiten.

[0031] In Verfahrensschritt Sb gemäß Fig. 1 wird dann überprüft, ob zumindest gemäß einem der Verfahrensschritte Sb1, Sb2, Sb3 oder Sb4 ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel 330 erkannt wird. Wenn dem nicht so ist, wird die Überwachung gemäß Verfahrensschritt Sa) fortgesetzt. Wenn jedoch ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel 330 erkannt wird, das heißt wenn festgestellt wird, dass diese nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist, lässt dies auf eine Verschmutzung der Düse 310 durch Partikel schließen. Dieser Rückschluss ist insbesondere dann zulässig, wenn dieser offen klemmende Betriebszustand nicht regelmäßig, sondern nur sehr temporär auftritt; dann kann eine unsauber gefertigte Oberfläche 310 der Düse als Ursache für den offen klemmenden Betriebszustand ausgeschlossen werden.

[0032] Für den Fall, dass in Verfahrensschritt Sb) eine Verschmutzung des Querschnitts der Düse 310 erkannt worden ist, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, gemäß Verfahrensschritt Sc eine Spülung der Düse 310 mit Kraftstoff durchzuführen, wobei der Hub der Düsenadel 330 auf einen im Wesentlichen maximalen Wert eingestellt wird. Es fließt dann eine besonders große Kraftstoffmenge mit großem Druck durch die Düse des Einspritzventils, wodurch die unerwünschten Schmutzpartikel weggeschwemmt werden. Die Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und lässt sich wieder ordnungsgemäß schließen, was dann in einer ordnungsgemäßen Funktionsweise der Brennkraftmaschine resultiert.

[0033] Aufgrund der Einstellung des maximalen Hubs der Düsenadel während des Spülorganges in Verfahrensschritt Sc) (Spülhub) wird eine besonders große Kraftstoffmenge in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 100 eingespeist. Diese Kraftstoffmenge kann durchaus wesentlich größer sein als eine Nennkraftstoffmenge, wie sie im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine benötigt wird. Diese Mehrmenge an Kraftstoff hat unter Umständen ein erhöhtes Drehmoment der Brennkraftmaschine zur Folge. Wenn dieses erhöhte Drehmoment nicht erwünscht ist, empfiehlt das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Fig. 1 verschiedene Maßnahmen, um dem Auftreten dieses erhöhten Drehmomentes entgegenzuwirken.

[0034] Dafür muss zunächst in Verfahrensschritt Sd) festgestellt werden, ob überhaupt ein erhöhtes Drehmoment vorliegt. Wenn dem so ist, besteht gemäß Verfahrensschritt Sd1) eine erste Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, darin, während der Durchführung der Spülung gemäß Verfahrensschritt Sc) die Ansteuerdauer t, während derer der maximale Düsenadelhub eingestellt ist, so weit zu verringern, dass die durch das

Einspritzventil in die Brennkammer der Brennkraftmaschine **100** eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert nicht überschreitet. Alternativ dazu besteht eine zweite Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, gemäß einem Verfahrensschritt Sd2) darin, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Verfahrensschritt c) künstlich ein Aussetzer bei der Zündung desjenigen Zylinders erzeugt wird, bei dem der unerwünschte offen klemmende Betriebszustand der Düsenadel **330** festgestellt wurde. Dieser Aussetzer kann künstlich dadurch erzeugt werden, dass der Zündzeitpunkt so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoff-Gemisch nicht mehr entflammbar ist beziehungsweise der Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist.

[0035] Zwei weitere Maßnahmen, um das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, hängen von der Betriebsart der Brennkraftmaschine ab.

[0036] Wenn in einem Verfahrensschritt Sd') festgestellt wird, dass die Brennkraftmaschine **100** in einem sogenannten Homogenbetrieb arbeitet, das heißt, dass es zu geringen Drehmomenterhöhungen entsprechend der Lambda-Wirkungsgradkurve kommt, besteht die Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine dadurch konstant zu halten, dass während der Spülung die Zündzeitpunkte so weit verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß folgender Formel angepasst wird (Verfahrensschritt Sd3):  $\eta_{zw} = (Md_{soll} / Mi_{opt}) \cdot (1/\eta_{lam})$  mit  $\eta_{lam}$  (lambda),  $lambda = rl / rk_{soll}$ , und  $rk_{soll} = f(Spülhub)$

wobei

$\eta_{zw}$  den Zündwinkelwirkungsgrad;

$Md_{soll}$  den Sollwert für das Motordrehmoment bzw. für die Brennkraftmaschine **(100)**;

$Mi_{opt}$  das optimale Motordrehmoment beziehungsweise optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine **(100)**;

$\eta_{lam}$  den  $\lambda$ -Wirkungsgrad;

$rl$  die Luftmasse; und  $rk_{soll}$  den Sollwert für die Kraftstoffmasse

repräsentiert.

[0037] Wird jedoch in Verfahrensschritt Sd' festgestellt, dass die Brennkraftmaschine **100** in einem sogenannten Schichtbetrieb betrieben wird, dann bedeutet dies, dass generell ein Luftüberschuss besteht. Dies hat zur Folge, dass geringe bis große Drehmomenterhöhungen je nach aktuellem Betriebspunkt auf der Lambda-Wirkungskurve erzeugt werden, vorausgesetzt, dass das Gemisch entflammbar ist. Im Fall des Schichtbetriebes lässt sich das Drehmoment dadurch konstant halten, dass vor oder nach der Spülung gemäß Verfahrensschritt Sc) zumindest einzelne Einspritzimpulse, die normalerweise während eines Mehrfacheinspritzzyklusses vorgesehen sind, nicht mehr durchgeführt werden.

[0038] Wird die Brennkraftmaschine im Schichtbetrieb betrieben und wird ein offen klemmendes Ein-

spritzventil erkannt, so sollte in den Homogenbetrieb gewechselt werden, da in diesem eine Drehmomentbegrenzung durch Begrenzung der zugeführten Luftmasse erfolgen kann.

[0039] Alle gemäß der Verfahrensschritte Sd1), Sd2), Sd3) und Sd4) aufgezeigten Ansätze bewirken eine Begrenzung der den Brennkammern der Brennkraftmaschine **100** zugeführten Kraftstoffmenge, obwohl das Einspritzventil bei Betrieb mit Spülhub maximal geöffnet ist.

[0040] Unabhängig davon, welche Variante zur Konstanthaltung des Drehmomentes verwendet wird, empfiehlt es sich, nach einer durchgeführten Spülung eine Pause von vorbestimmter Zeitdauer einzulegen, bevor eine erneute Spülung durchgeführt werden kann; siehe Schritt Se). Auf diese Weise werden Fehlauslösungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und insbesondere der Spülung gemäß Schritt Sc) vermieden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine **(100)**, wobei die Dosierung der Kraftstoffmenge neben einer Variation der Einspritzzeit auch durch eine Variation des Hubs der Düsenadel des Einspritzventils **(120)** einstellbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

- Überwachen der Brennkraftmaschine **(100)** auf ordnungsgemäße Funktionsweise (Sa);
- Erkennen eines offenen klemmenden Betriebszustandes der Düsenadel des Einspritzventils **(120)**, insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils **(120)** durch die Düsenadel zwar nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist (Sb); und
- Durchführen einer Spülung der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubes der Düsenadel zum Beseitigen der Verschmutzung (Sc).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) die Brennkraftmaschine **(100)** auf eine Anfettung hin überwacht wird (Sa1) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand dann erkannt wird, wenn die Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsschwellenwert oder der Gradient der Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist (Sb1).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) – gegebenenfalls zusätzlich – die Brennkraftmaschine **(100)** oder ein einzelner Zylinder der Brennkraftmaschine **(100)** auf Aussetzer hin überwacht wird (Sa2) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand – gegebenenfalls auch – dann erkannt wird, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert

lenwert übersteigt (Sb2).

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) – gegebenenfalls zusätzlich – der Druck in einem der Brennkraftmaschine (100) zugeordneten Kraftstoffspeicher (110) überwacht wird (Sa3) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand – gegebenenfalls auch – dann erkannt wird, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher (110) unter einen vorgebbaren Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher (110) um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Solldruckverlauf abweicht (Sb3).

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) die Ansteuerdauer  $t_i$ , während derer der maximale Düsenhub eingestellt ist, so weit verringert wird, dass die durch das Einspritzventil (120) in die Brennkammer der Brennkraftmaschine (100) eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert nicht überschreitet (Sd1).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 4, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) künstlich ein Aussetzer der Verbrennung bei demjenigen Zylinder erzeugt wird, bei dem der offen klemmende Betriebszustand der Düsenöffnung festgestellt wurde, indem der Zündzeitpunkt für diesen Zylinder so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoffgemisch in der Brennkammer nicht mehr entflammbar bzw. der Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist (Sd2).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 4, dadurch gekennzeichnet, dass – wenn die Brennkraftmaschine (100) in einem Homogenbetrieb arbeitet – während der Spülung gemäß Schritt c) die Zündzeitpunkte so weit verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß folgender Formel angepasst wird (Sd3):  $\eta_{zw} = (Md_{soll} / Mi_{opt}) \cdot (1/\eta_{lam})$ ,  $\eta_{lam} = f(\lambda)$ ,  $\lambda = r_l / rk_{soll}$ ; und  $rk_{soll} = f(\text{Spülhub})$   
wobei  
 $\eta_{zw}$  den Zündwinkelwirkungsgrad;  
 $Md_{soll}$  den Sollwert für das Motordrehmoment bzw. für die Brennkraftmaschine (100);  
 $Mi_{opt}$  das optimale Motordrehmoment beziehungsweise optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine (100);  
 $\eta_{lam}$  den  $\lambda$ -Wirkungsgrad;  $r_l$  die Luftmasse; und  $rk_{soll}$  den Sollwert für die Kraftstoffmasse repräsentiert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 4, dadurch gekennzeichnet, dass – wenn die Brenn-

kraftmaschine (100) im Schichtbetrieb arbeitet – vor oder nach der Spülung gemäß Schritt c) zumindest einzelne von grundsätzlich mehreren während desselben Mehrfach-Einspritzzyklusses vorgesehenen Einspritzmengen nicht mehr durchgeführt werden (Sd4).

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 8, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Hub der Düsenöffnung gemäß Schritt c) nur für jeweils einen Zylinder der Brennkraftmaschine (100) und auch nur für wenige Einspritzvorgänge eingestellt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchführung des Schrittes c) für eine vorbestimmbare Zeitdauer gesperrt wird, bevor er wieder erneut freigeschaltet wird (Se).

11. Computerprogramm für ein Steuergerät (130) einer Brennkraftmaschine (100) mit Programmcode, der dazu geeignet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 10 durchzuführen, wenn er auf einem Computer oder Mikroprozessor abläuft.

12. Computerprogramm nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Programmcode auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.

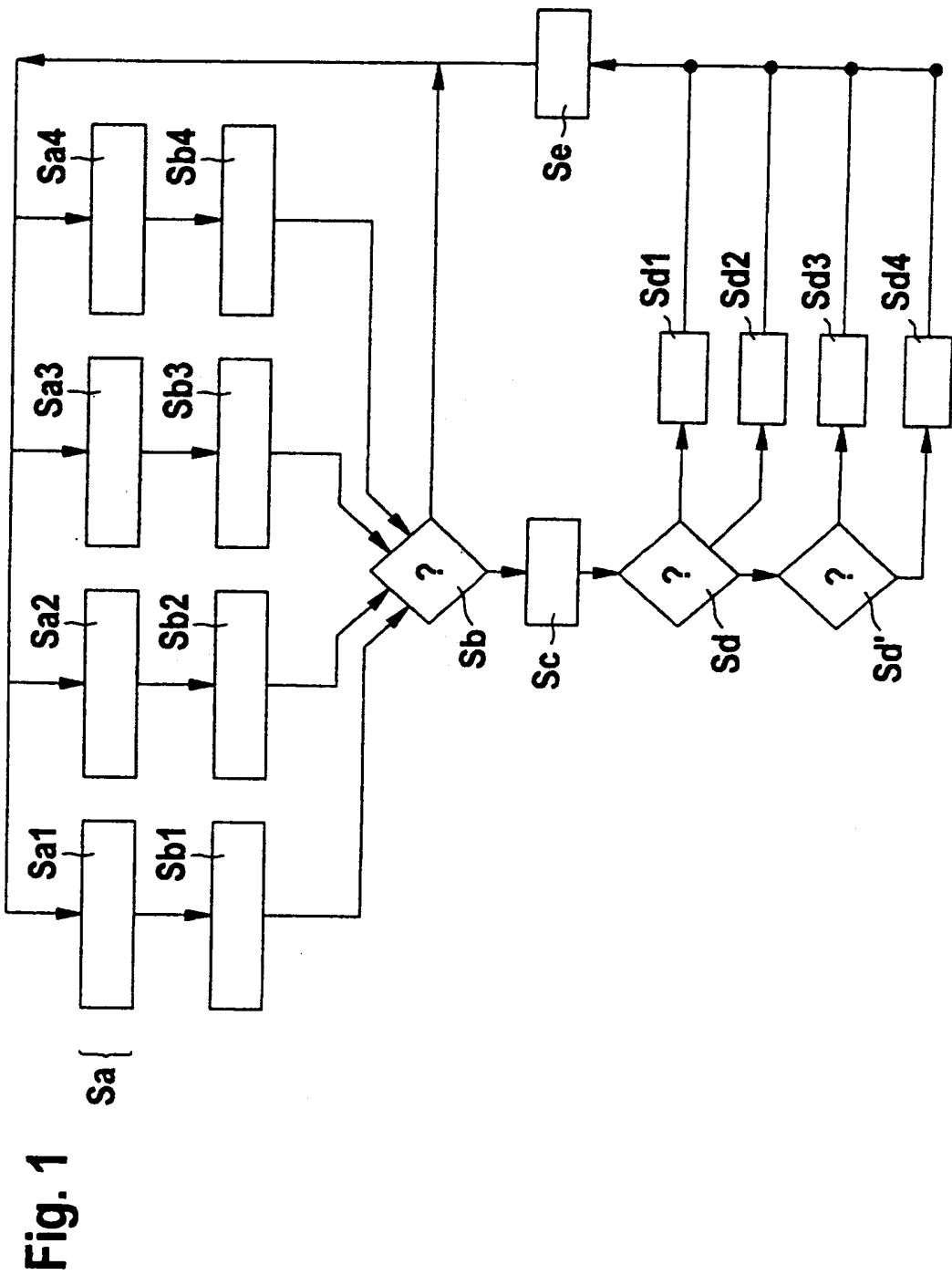
13. Steuergerät (130) zur Ansteuerung eines Einspritzventils (120) einer Brennkraftmaschine (100), wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass eine Dosierung der von ihm zugeführten Kraftstoffmenge in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100) durch eine Variation des Hubs der Düsenöffnung des Einspritzventils (120) möglich ist, dadurch gekennzeichnet dass mit Hilfe des Steuergerätes (130) ein offener klemmender Betriebszustand der Düsenöffnung des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung der Düse, erkennbar ist und in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsenöffnung durch das Steuergerät (130) einstellbar ist zum Spülen der Düse mit Kraftstoff.

14. Brennkraftmaschine (100) mit einem Einspritzventil (120) zur Kraftstoffeinspritzung, wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass es eine Dosierung der von ihm in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100) zugeführten Kraftstoffmenge durch eine Variation des Hubs der Düsenöffnung des Einspritzventils (120) ermöglicht, dadurch gekennzeichnet dass der Brennkraftmaschine (100) ein Steuergerät (130) zugeordnet ist, mit dessen Hilfe ein offener klemmender Betriebszustand der Düsenöffnung des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, erkennbar ist und mit dessen Hilfe in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsenöffnung zum Spülen der Düse mit Kraft-

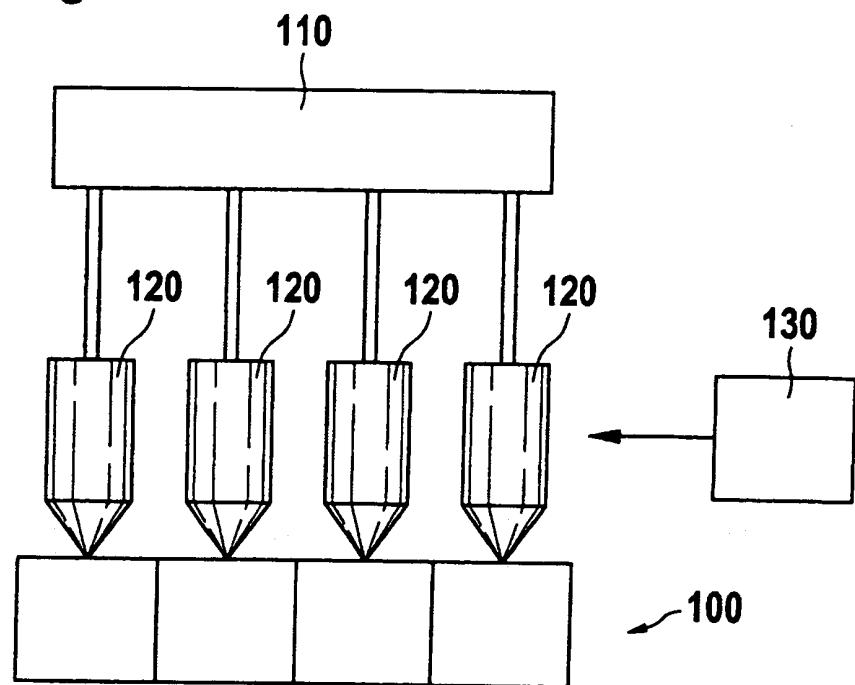
DE 103 05 178 A1 2004.08.19

stoff einstellbar ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



**Fig. 2**



**Fig. 3**

